

**KUALITAS BETON *GEOPOLYMER* PADA PERKERASAN KAKU
(MENGUNAKAN MATERIAL LOKAL)**



PUBLIKASI ILMIAH

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

ASWAN ANNATIO

D 100 100 025

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

KUALITAS BETON *GEOPOLYMER* PADA PERKERASAN KAKU (MENGUNAKAN MATERIAL LOKAL)

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

1. ASWAN ANNANTIO

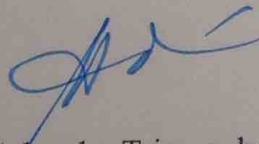
NIM : D 100 100 025

2. Ir. SUHENDRO TRINUGROHO, M.T.

NIK : 732

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Suhendro Trinugroho, M.T.

NIK.732

HALAMAN PENGESAHAN

**KUALITAS BETON *GEOPOLYMER* PADA PERKERASAN KAKU
(MENGUNAKAN MATERIAL LOKAL)**

OLEH
ASWAN ANNANTIO
D 100 100 025

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada 24 September 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

1. Ir. Suhendro Trinugroho, MT.
(Ketua Dewan Penguji I)
2. Ir. H. Aliem Sudjatmiko, MT.
(Ketua Dewan Penguji II)
3. Yenny Nurchasanah, S.T, M.T
(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)



Dekan Fakultas Teknik

Ir. Sri Sunarjono, M.T., PhD.
NIK. 682

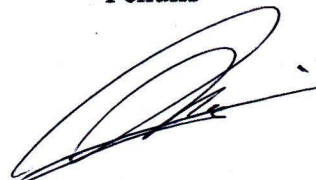
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 24 September 2016

Penulis



ASWAN ANNANTIO

D 100 100 025

KUALITAS BETON *GEOPOLYMER* PADA PERKERASAN KAKU (MENGUNAKAN MATERIAL LOKAL)

Abstrak

Beton merupakan campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bisa juga diberi bahan tambah yang bervariasi pada presentase tertentu atau diganti dari bahan pengikatnya yaitu semen yang digantikan dengan *fly ash* dari sisa pembakaran batu bara. Material *fly ash* dalam pembuatan beton dapat saja bereaksi secara kimia dengan cairan alkaline pada temperature tertentu untuk membentuk material campuran yang dimiliki sifat seperti semen. Pada perkerasan kaku, yang sangat berpengaruh menentukan kekuatan struktur perkerasan dalam memikul beban lalu lintas adalah kekuatan beton itu sendiri. Kekuatan dari dasar tanah hanya berpengaruh kecil terhadap kekuatan daya dukung structural perkerasan kaku. Penelitian kali ini yaitu untuk mengetahui perbandingan kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton *Geopolymer* dengan beton normal yaitu menggunakan variasi perbandingan pada beton *Geopolymer* 3:2, 4:2, 5:2. *Mix design* beton *Geopolymer* mengacu pada penelitian sebelumnya, dan beton normal menggunakan metode dari ACI dengan kuat tekan rencana 20 MPa. Jumlah benda uji meliputi 24 buah silinder dengan diameter 15cm, tinggi 30cm dan 12 buah balok dengan panjang 60cm, lebar 10cm, tinggi 20cm. Jadi keseluruhan total benda uji silinder dan balok yaitu 36 buah. Hasil pengujian menunjukkan beton *Geopolymer* lebih unggul dari beton normal pada variasi ke 5:2. Pada pengujian kuat tekan, data hasil pengujian kuat tekan yaitu pada beton *Geopolymer* variasi 3:2 adalah 11,883 MPa, pada variasi 4:2 adalah 18,825 MPa, pada variasi 5:2 adalah 21,314 MPa, dan beton normalnya 18,862 MPa. Kemudian pada pengujian kuat tarik belah, data hasil pengujian kuat tarik belah pada beton *Geopolymer* variasi 3:2 adalah 6,311 MPa, pada variasi 4:2 adalah 6,785 MPa, pada variasi 5:2 adalah 7,215 MPa, dan beton normalnya 7,096 MPa. Kemudian pada pengujian kuat lentur, data hasil pengujian kuat lentur pada beton *Geopolymer* variasi 3:2 adalah 3,843 MPa, pada variasi 4:2 adalah 6,303 MPa, pada variasi 5:2 adalah 8,003 MPa, dan beton normalnya 4,835 MPa. Dapat disimpulkan beton kualitas *Geopolymer* lebih diatas beton normal pada variasi yang ke 5:2. Meskipun memiliki kekurangan dan kurang ekonomis dibanding beton normal.

Kata Kunci : *alkaline activator*, beton *geopolymer*, beton normal, balok beton *geopolymer*, balok beton normal, *fly ash*.

Abstracts

Concrete is a mixture of cement, coarse aggregate, fine aggregate, water and could also be given the added material that varies on a certain percentage or replaced from the binder material is cement replaced with fly ash from coal combustion. Fly ash material in the manufacture of concrete may react chemically with alkaline liquid at a specific temperature to form a mixture of materials such as cement-owned properties. In rigid pavement, which was very influential in determining the pavement structure strength to bear the burden of traffic is the strength of the concrete itself. The strength of the land base is only a small effect on the carrying capacity of the structural strength of rigid pavement. The present study is to compare the compressive strength, tensile strength and flexural strength sides *Geopolymer* concrete with normal concrete that is using the ratio variation *Geopolymer* concrete 3: 2, 4: 2, 5: 2. *Geopolymer* concrete mix design refers to previous studies, and normal concrete using the method of ACI with a compressive strength of 20 MPa plan. Number of test specimens included 24 cylinders with a diameter of 15cm, 30cm high and 12 pieces of beams with a length of 60cm, width 10cm, height 20cm. So overall total cylindrical test specimen and the beam that is 36 pieces. The test results showed *Geopolymer* concrete is superior to normal concrete on the variation to 5: 2. In testing the compressive strength, compressive strength test data that is on *Geopolymer* concrete variation of 3: 2 was 11.883 MPa, the variation of 4: 2 is 18.825 MPa, the variation of 5: 2 was 21.314 MPa, and the concrete is normally 18.862 MPa. Then the split tensile strength testing, tensile test data split on *Geopolymer* concrete variation of 3: 2 was 6.311 MPa, the variation of 4: 2 is 6,785 MPa, the variations of 5: 2 was 7.215 MPa and 7.096 MPa normal concrete. Later on testing flexural strength, flexural strength test data on *Geopolymer* concrete variation of 3: 2 was 3.843 MPa, the variation of 4: 2 is 6.303 MPa, the variations of 5: 2 was 8.003 MPa and 4.835 MPa normal concrete. *Geopolymer* concrete quality can be concluded more concrete above normal variations to 5: 2. Although it has its drawbacks and less economical than normal concrete.

Keywords : *alkaline activator*, *geopolymer* concrete, normal concrete, *geopolymer* concrete beams, normal concrete blocks, *fly ash*.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan konstruksi yang sifat kekuatannya khas, terbuat dari perpaduan semen, agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah dengan perbandingan tertentu yang bila diaduk menjadi satu dengan air kemudian dimasukkan kedalam suatu cetakan akan mengikat, mengering, dan mengeras dengan baik setelah beberapa lama.

Usaha untuk mendapatkan beton ramah lingkungan ialah melalui pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina-silikat polymer atau dikenal dengan *geopolymer* yang merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam atau material hasil produk sampingan industri seperti abu terbang yang kaya akan kandungan silica dan alumina (Davidovits, 1999). Unsur-unsur ini banyak didapati, di antaranya pada material hasil sampingan industri, seperti misalnya *fly ash* dari sisa pembakaran batu bara. Material *fly ash* dalam pembuatan beton dapat saja bereaksi secara kimia dengan cairan alkaline pada temperatur tertentu untuk membentuk material campuran yang memiliki sifat seperti semen. Material *geopolymer* ini digabungkan dengan agregat batuan kemudian menghasilkan beton *geopolymer*, tanpa menggunakan semen lagi (Sumajouw dan Dapas, 2014).

Beton *geopolymer* dapat digunakan untuk perkerasan kaku. Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif tinggi. Perkerasan kaku banyak digunakan sebagai perkerasan jalan untuk tingkat lalu lintas yang tinggi.

Yang sangat berpengaruh menentukan kekuatan struktur perkerasan dalam memikul beban lalu lintas adalah kekuatan beton itu sendiri. Kekuatan dari dasar tanah hanya berpengaruh kecil terhadap kekuatan daya dukung structural perkerasan kaku.

Berdasarkan rumusan tersebut, maka penelitian ini memiliki tujuan mendapatkan nilai kuat tekan, kuat Tarik belah, dan kuat lentur beton *geopolymer* yang menggunakan bahan dasar abu terbang (*fly ash*) dengan sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH) variasi 3 : 2 , 4 : 2 , 5 : 2.

2. METODE PENELITIAN

Karena sampai saat ini belum terdapat standar mengenai desain campuran (*mix design*) beton *geopolymer*, maka desain campuran mengacu pada penelitian sebelumnya Ginanjar (2015).

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap yaitu tahap pertama persiapan. Pada tahapan pertama bahan material dan alat-alat harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum penelitian. Kemudian tahap kedua yaitu pemeriksaan kualitas bahan penelitian. Tahapan ini melakukan pemeriksaan agregat yang akan digunakan dalam pembuatan beton, pemeriksaan agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) meliputi kandungan organik pada pasir, kandungan lumpur, dan keausan agregat. Kemudian tahapan ketiga yaitu perencanaan campuran beton. Proses pencampuran beton *geopolymer* meliputi pembuatan larutan activator alkali dari cairan silika dan cairan hidroksida konsentrasi 10M. Lalu mencampur agregat kasar dan agregat halus dalam keadaan kering beserta *fly ash* dan larutan activator di dalam *concrete mixer* kurang lebih 20 menit. Kemudian tahapan keempat yaitu pembuatan benda uji berupa balok dan silinder. Kemudian tahapan kelima yaitu tahapan pengujian benda uji meliputi pengujian kuat tekan, kuat Tarik belah dan kuat lentur. Kemudian tahapan keenam yaitu analisis data, pembahasan, pembuatan kesimpulan dan saran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini untuk memperoleh data-data yang diperlukan dilakukan beberapa pengujian dan pemeriksaan. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian agregat.

3.1 Pengujian agregat halus

Hasil pemeriksaan agregat halus yang telah dilaksanakan pada penelitian dapat dilihat pada Lampiran dan dituliskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan agregat halus

| Jenis Pemeriksaan | Hasil Pemeriksaan | SNI | Keterangan |
|---|-------------------|------------------|------------|
| Kandungan Organik | Orange | SNI 03-2816-1992 | Memenuhi |
| Pemeriksaan SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>) | 2,5 | SNI 03-2816-1992 | Memenuhi |
| Berat Jenis | | SNI 03-1970-2008 | |
| 1). Berat jenis <i>bulk</i> | 2,42 | | Memenuhi |
| 2). Berat jenis SSD | 2,52 | | Memenuhi |
| 3). Berat jenis semu | 2,69 | | Memenuhi |
| <i>Absortion%</i> | 4,16% | | Memenuhi |
| Kandungan Lumpur | 3,21% | SNI 03-2816-1992 | Memenuhi |
| Gradasi Pasir | Daerah III | SNI 03-6820-2002 | Memenuhi |
| Modulus Halus Butir | 3,03 | - | Memenuhi |

(Sumber : hasil penelitian)

3.2 Pengujian agregat kasar

Hasil pemeriksaan agregat kasar yang telah dilaksanakan pada penelitian dapat dilihat pada lampiran atau tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat kasar

| Jenis Pemeriksaan | Hasil Pemeriksaan | SNI | Keterangan |
|----------------------------|-------------------|------------------|------------|
| Berat Jenis | - | SNI 03-1969-2008 | Memenuhi |
| 1) Berat Jenis <i>bulk</i> | 2,69 | - | - |
| 2) Berat Jenis SSD | 2,73 | - | - |
| 3) Berat Jenis semu | 2,79 | - | - |
| <i>Absortion%</i> | 1,36 | - | Memenuhi |
| Keausan agregat | 65,4 | SNI 03-2417-1991 | Memenuhi |
| Gradasi agregat kasar | Daerah II | SNI 03-1986-1990 | Memenuhi |
| Modulus halus butir | 6,03 | - | Memenuhi |

(Sumber : hasil penelitian)

3.3 Pengujian *slump*

Pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui kekentalan adukan beton untuk memenuhi persyaratan yang diinginkan. Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut *Abram's* yang berdiameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi kerucut 30 cm. Nilai *slump* rencana antara 10 – 18 cm, dan hasil pengujian nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian nilai *slump* dengan fas 0,6

| FAS | Nilai Slump | |
|-----|-------------|------------|
| | Beton | |
| | Normal | Geopolymer |
| 0.6 | 10 cm | 14 cm |

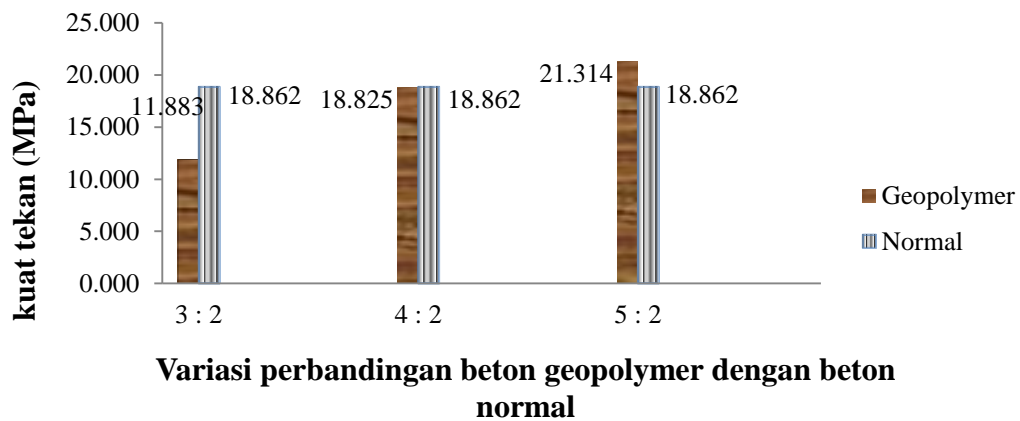
3.4 Pengujian kuat tekan beton

Pelaksanaan pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat *compression testing machine* setelah mengetahui luas penampang dan tinggi benda uji. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada table 4.

Tabel 4. Data hasil pengujian kuat tekan *geopolymer* dan beton normal.

| No | Variasi Perbandingan | Luas Permukaan | Beban Maksimum | Kuat Tekan | |
|----|----------------------|----------------|----------------|----------------------|--------|
| | | (mm) | (kN) | (N/mm ²) | (MPa) |
| 1 | 3 : 2 | 17672 | 250000 | 14,147 | 11,883 |
| | | 17672 | 190000 | 10,751 | |
| | | 17672 | 190000 | 10,751 | |
| 2 | 4 : 2 | 17672 | 340000 | 19,239 | 18,825 |
| | | 17672 | 375000 | 21,220 | |
| | | 17672 | 283000 | 16,014 | |
| 3 | 5 : 2 | 17672 | 430000 | 24,332 | 21,314 |
| | | 17672 | 330000 | 18,674 | |
| | | 17672 | 370000 | 20,937 | |
| 4 | Beton Normal | 17672 | 350000 | 19,805 | 18,862 |
| | | 17672 | 320000 | 18,108 | |
| | | 17672 | 330000 | 18,674 | |

Dari tabel diatas menunjukkan kuat tekan beton *Geopolymer* pada veriasi 5 : 2 yaitu 21,314 MPa, lebih besar dari beton normal 18,862 MPa.



Gambar 1. Grafik kuat tekan beton normal dan beton *geopolymer*.

Dari data diatas diperoleh hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* untuk variasi 3:2 sebesar 11,883 MPa. Untuk variasi 4:2 sebesar 18,825 MPa. Untuk variasi 5:2 sebesar 21,314 MPa. Dan untuk beton normalnya sebesar 18,862. Jadi pada beton *geopolymer* variasi 5:2 melebihi beton normal yaitu 21,314.

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa beton *geopolymer* pada variasi 5:2 lebih besar atau lebih kuat daripada beton normal.

3.5 Pengujian kuat tarik belah beton

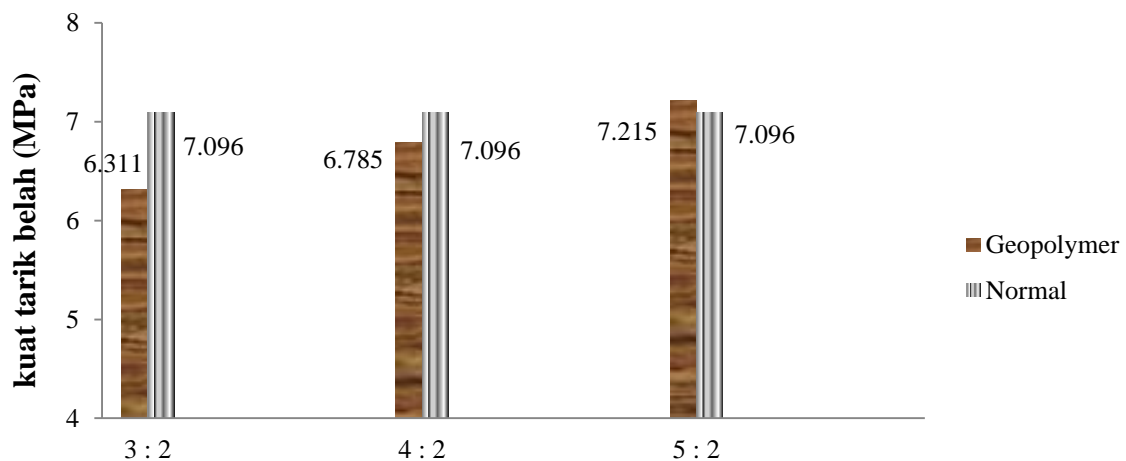
Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tekan beton *Compression testing machine*. Pelaksanaan pengujian ini dilakukan setelah mengukur dimensi benda uji untuk mengetahui luas bidang beton silinder yang tertekan.

Hasil pengujian kuat tarik beton diperoleh dengan cara mengukur beban maksimum yang dapat ditahan kemudian dibagi dengan luas penampang benda uji tersebut. Hasil uji kuat tarik belah beton dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Data hasil pengujian kuat tarik belah *geopolymer* dan beton normal.

| No | Variasi Perbandingan | P | L | D | Beban Maksimum | Kuat Tarik | |
|----|----------------------|------|------|------|----------------|------------|-----------|
| | | (kN) | (mm) | (mm) | (kN) | (MPa) | Rata-rata |
| 1 | 3 : 2 | 166 | 300 | 150 | 166000 | 7,378 | 6,311 |
| | | 135 | 300 | 150 | 135000 | 6,000 | |
| | | 125 | 300 | 150 | 125000 | 5,556 | |
| 2 | 4 : 2 | 176 | 300 | 150 | 176000 | 7,822 | 6,785 |
| | | 151 | 300 | 150 | 151000 | 6,711 | |
| | | 131 | 300 | 150 | 131000 | 5,822 | |
| 3 | 5 : 2 | 180 | 300 | 150 | 180000 | 8,000 | 7,215 |
| | | 172 | 300 | 150 | 172000 | 7,644 | |
| | | 135 | 300 | 150 | 135000 | 6,000 | |
| 4 | Beton Normal | 170 | 300 | 150 | 170000 | 7,556 | 7,096 |
| | | 169 | 300 | 150 | 169000 | 7,511 | |
| | | 140 | 300 | 150 | 140000 | 6,222 | |

Dari tabel diatas menunjukkan kuat tarik belah beton *Geopolymer* pada veriasi 5:2 yaitu 7,215 MPa, lebih besar dari beton normal 7,096 MPa.



Variasi Perbandingan beton *geopolymer* dengan beton normal

Gambar 2. Grafik kuat tarik belah beton normal dan beton *geopolymer*.

Dari data diatas diperoleh hasil pengujian kuat tarik belah beton *geopolymer* untuk variasi 3:2 sebesar 6,311 MPa. Untuk variasi 4:2 sebesar 6,785 MPa. Untuk variasi 5:2 sebesar 7,215 MPa. Dan untuk beton normalnya sebesar 7,096. Jadi pada beton *geopolymer* variasi 5:2 melebihi beton normal yaitu 7,215.

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa beton *geopolymer* pada variasi 5:2 lebih besar atau lebih kuat daripada beton normal.

3.6 Pengujian kuat lentur beton

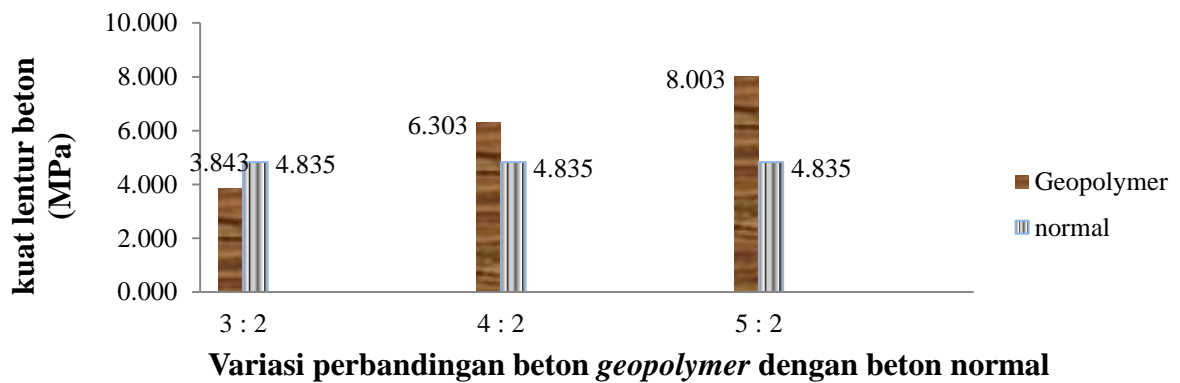
Pengujian kuat lentur balok beton dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine. Pelaksanaan pengujian ini dilakukan setelah mengukur dimensi benda uji.

Hasil pengujian kuat lentur beton diperoleh dengan cara memberikan beban maksimum sampai benda uji tersebut retak/patah. Hasil uji kuat lentur balok beton dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Data hasil pengujian kuat lentur balok beton *geopolymer* dan beton normal.

| No | Variasi Perbandingan | L | b | h | P | q | M _L | W | Kuat lentur | |
|----|----------------------|------|------|------|-------|--------|----------------|--------------------|-------------|-----------|
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (N) | (N/mm) | (Nmm) | (mm ³) | (MPa) | Rata-rata |
| 1 | 3 : 2 | 500 | 100 | 200 | 16600 | 0.459 | 2089337.674 | 666666.667 | 3.134 | 3.843 |
| | | 500 | 100 | 200 | 17550 | 0.459 | 2208087.674 | 666666.667 | 3.312 | |
| | | 500 | 100 | 200 | 27000 | 0.459 | 3389337.674 | 666666.667 | 5.084 | |
| 2 | 4 : 2 | 500 | 100 | 200 | 32000 | 0.461 | 4014400.347 | 666666.667 | 6.022 | 6.303 |
| | | 500 | 100 | 200 | 36000 | 0.461 | 4514400.347 | 666666.667 | 6.772 | |
| | | 500 | 100 | 200 | 32500 | 0.461 | 4076900.347 | 666666.667 | 6.115 | |
| 3 | 5 : 2 | 500 | 100 | 200 | 43000 | 0.464 | 5389511.806 | 666666.667 | 8.084 | 8.003 |
| | | 500 | 100 | 200 | 41000 | 0.464 | 5139511.806 | 666666.667 | 7.709 | |
| | | 500 | 100 | 200 | 43700 | 0.464 | 5477011.806 | 666666.667 | 8.216 | |
| 4 | Normal | 500 | 100 | 200 | 23500 | 0.489 | 2952781.250 | 666666.667 | 4.429 | 4.835 |
| | | 500 | 100 | 200 | 31500 | 0.489 | 3952781.250 | 666666.667 | 5.929 | |
| | | 500 | 100 | 200 | 22000 | 0.489 | 2765281.250 | 666666.667 | 4.148 | |

Dari tabel diatas menunjukkan kuat tarik lentur beton *Geopolymer* pada variasi 5:2 yaitu 8,003 MPa, lebih besar dari beton normal 4,835 MPa.



Gambar 3. Grafik kuat lentur beton normal dan beton *geopolymer*

Dari data diatas diperoleh hasil pengujian kuat lentur beton *geopolymer* untuk variasi 3:2 sebesar 3,84 MPa. Untuk variasi 4:2 sebesar 6,30 MPa. Untuk variasi 5:2 sebesar 8,00 MPa. Dan untuk beton normalnya sebesar 4,84. Jadi pada beton *geopolymer* variasi 5:2 melebihi beton normal yaitu 8,00 MPa.

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa beton *geopolymer* pada variasi 5:2 lebih besar atau lebih kuat daripada beton normal.

3.7 Perbandingan pengujian mekanik beton *geopolymer* dengan beton normal

Dari hasil pengujian mekanik pada kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton *geopolymer* dengan beton normal didapatkan hasil maksimal yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Presentase hasil pengujian beton normal dengan beton *geopolymer*.

| Pengujian | Variasi perbandingan | Hasil Pengujian | Presentase | Rata-rata |
|------------------|----------------------|-----------------|------------|-----------|
| | (%) | (MPa) | (%) | (%) |
| Kuat tekan | Normal | 18.862 | -33.329 | 0.088 |
| | 3 : 2 | 14.147 | | |
| | Normal | 18.862 | 11.1122 | |
| | 4 : 2 | 21.22 | | |
| | Normal | 18.862 | 22.481 | |
| | 5 : 2 | 24.332 | | |
| Kuat tarik belah | Normal | 7.096 | 3.822 | 8.1346 |
| | 3 : 2 | 7.378 | | |
| | Normal | 7.096 | 9.2815 | |
| | 4 : 2 | 7.822 | | |
| | Normal | 7.096 | 11.3000 | |
| | 5 : 2 | 8.000 | | |
| Kuat lentur | Normal | 4.835 | 4.898 | 24.884 |
| | 3 : 2 | 5.084 | | |
| | Normal | 4.835 | 28.603 | |
| | 4 : 2 | 6.772 | | |
| | Normal | 4.835 | 41.151 | |
| | 5 : 2 | 8.216 | | |

(Sumber : hasil penelitian)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Karakteristik beton *geopolymer* yaitu, kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton *geopolymer* rata-rata lebih besar dari beton normal pada variasi perbandingan ke 5:2.
- 2). Nilai rata-rata kuat tekan beton normal yaitu 18,862 MPa. Nilai rata-rata kuat tekan beton *geopolymer* pada variasi 3:2 yaitu 11,883 MPa. Pada variasi 4:2 yaitu 18,825 MPa. Pada variasi 5:2 yaitu 21,314 MPa.
- 3). Nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal yaitu 7,096 MPa. Nilai rata-rata kuat tarik belah beton *geopolymer* pada variasi 3:2 yaitu 6,311 MPa. Pada variasi 4:2 yaitu 6,785 MPa. Pada variasi 5:2 yaitu 7,215 MPa.
- 4). Nilai rata-rata kuat lentur balok beton normal yaitu 4,835 MPa. Nilai rata-rata kuat lentur balok beton *geopolymer* pada variasi 3:2 yaitu 3,843 MPa. Pada variasi 4:2 yaitu 6,303 MPa. Pada variasi 5:2 yaitu 8,003 MPa.
- 5). Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa beton *geopolymer* lebih bagus hasilnya pada variasi perbandingan 5:2 daripada beton normal yaitu untuk kuat tekan 21,314 MPa. Untuk kuat tarik belah 7,215 MPa. Dan untuk kuat lentur 8,003 MPa.

Beton *geopolymer* dapat dijadikan alternatif pengganti beton normal, namun lebih cocok untuk pekerjaan perbaikan atau perawatannya saja. Karena kurang efisien pada pengerjaan dan biayanya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka untuk penelitian berikutnya disarankan :

- 1). Disarankan memakai sarung tangan dan harus sangat berhati-hati dalam proses pembuatan larutan NaOH karena sangat panas jika terkena bagian tubuh.
- 2). Perlu adanya penelitian ulang untuk komposisi yang paling efektif dan efisien dari beton *geopolymer* agar menghasilkan beton yang kuat dan ramah lingkungan supaya dapat menggunakan bahan limbah seperti abu terbang (*Fly Ash*) dan dapat mengurangi penggunaan semen.
- 3). Dapat dikembangkan penelitian lanjut dengan beton *geopolymer* untuk perbaikan pada perkerasan kaku *Rigid Pavement*.

PERSANTUNAN

Ucapan terimakasih disampaikan kepada laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta yang membantu menyelesaikan pembuatan benda uji dan pengujian dalam penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 232.2R-03, 2003, *Use of Fly Ash in Concrete*. Dilaporkan oleh ACI Committee 232, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.
- ACI 363 R-92, 1993, *State-of-the-Art Report of High Strength Concrete*, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, Materials and General properties of concrete.
- ASTM C618-03, 2003, *Standard Specification for 'Fly Ash and Raw or Calcinated Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*, ASTM International, US.

- Departemen Pekerjaan Umum. 1990, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SK SNI T-15-1991-03. Badan Pengembangan Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989, *Pedoman Beton 1989. SKBI.1.4.53.1989. Draft Konsensus*, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Jakarta.
- Davidovits, J., 1999. *Chemistry of Geopolymer System, Terminology*. Paper presented at the Geopolymer '99 International Conference, Saint-Quentin, France.
- Davidovits, J., 2005, *Green Chemistry and Sustainable Development Solutions*, Perancis: GeopolymerInstitute.
- Hardjito, D. and Rangan, B. V., 2005, *Development and properties of low-calcium Fly Ash-based geopolymer Concrete*, Research Report GC 1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth, Australia.
- Hardjito, D., Wallah S.E., and Rangan B.V., 2004, *Factor Influencing the Compressive Stength of Fly Ash Based Geopolymer Concrete*, Civil Engineering Dimension. 6. Issue: 2, hal. 88.
- Mulyono, T., 2003. *Teknologi Beton*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Prasetyo, Ginanjar B, 2015. *Tinjauan Kuat Tekan Beton Geopolymer dengan FlyAsh Sebagai Bahan Pengganti Semen*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sumajouw, M.D.J., Dapas, S. O., 2013. *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 1992. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.